



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

UNLP

TRABAJO FINAL

"Residualidad de curasemillas en el control de la mancha de la hoja, biomasa aérea y radical"

Alumnos:

CONFORTI, FEDERICO

Leg. 27335/6

FARINA, FRANCISCO

Leg. 27367/5

Directora: Dra. María Rosa Simón

Co-directora: Dra. Ana C. Castro

13 DE SEPTIEMBRE, 2018

"Residualidad de curasemillas en el control de la mancha de la hoja, biomasa aérea y radical"

RESUMEN

La mancha de la hoja causada por el hongo hemibiotrófico *Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvl. and Crous (*Mycosphaerella graminicola* (Fückel) J.Schröt, in Cohn) es una de las enfermedades foliares de mayor impacto en el cultivo de trigo pan (*Triticum aestivum* L.). Genera disminuciones en el rendimiento a través de la reducción en el aparato fotosintético de la planta acelerando la senescencia de las hojas, y en consecuencia una menor producción de fotoasimilados que podrán ser utilizados para la síntesis de materia seca. La utilización de fitosanitarios, en este caso fungicidas, es una de la estrategias de control más difundida en el manejo de enfermedades. El objetivo de este ensayo fue evaluar (i) el efecto del control de *Z. tritici* con fungicidas incorporados en el tratamiento de semillas, y (ii) la evolución de la severidad, área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), eficacia de control, biomasa aérea y radical a lo largo del ciclo del cultivo en tratamientos con y sin curasemillas. El ensayo se llevó a cabo durante el año 2017 en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales - Universidad Nacional de La Plata. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con seis tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en un testigo y cinco combinaciones de fungicidas comerciales y polímeros experimentales. Todos los tratamientos fueron inoculados cada 10 días en siete oportunidades con una suspensión de esporas de *Z. tritici* de concentración conocida (5×10^6 esporas/ml). Se evaluó la severidad, ABCPE, biomasa seca aérea y radical a lo largo del ciclo del cultivo. Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza (ANVA). Se encontraron diferencias entre los distintos tratamientos curasemillas. Los tratamientos T2 y T3, cuya formulación incluía carboxamidas y triazoles, e incluso insecticidas, mostraron un mayor control en el ABCPE, como así también por el incremento de la biomasa aérea y radical. En tanto que el T3 tuvo además una residualidad ligeramente superior.

ÍNDICE

¡Error! Marcador no definido.

MODALIDAD

La modalidad propuesta para este proyecto es la realización de un trabajo final a dúo.

INTRODUCCIÓN

El Trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cereal más importante de la agricultura mundial. Se cultiva en todo el mundo bajo diversas condiciones. Ha sido el alimento básico de las principales civilizaciones de Europa, Asia y Norte de África durante más de 8.000 años (Baloch, 1999).

En el año 2016 se destinaron 220.107.551 hectáreas (ha) al cultivo, alcanzando una cosecha de 749.460.077 toneladas (t) con un rendimiento promedio de 3,4 t/ha (Figura 1). La producción crece de manera sostenida en cada año en base a mayores rendimientos, ya que se observa una reducción de la superficie desde el año 1982 (FAO, 2018).

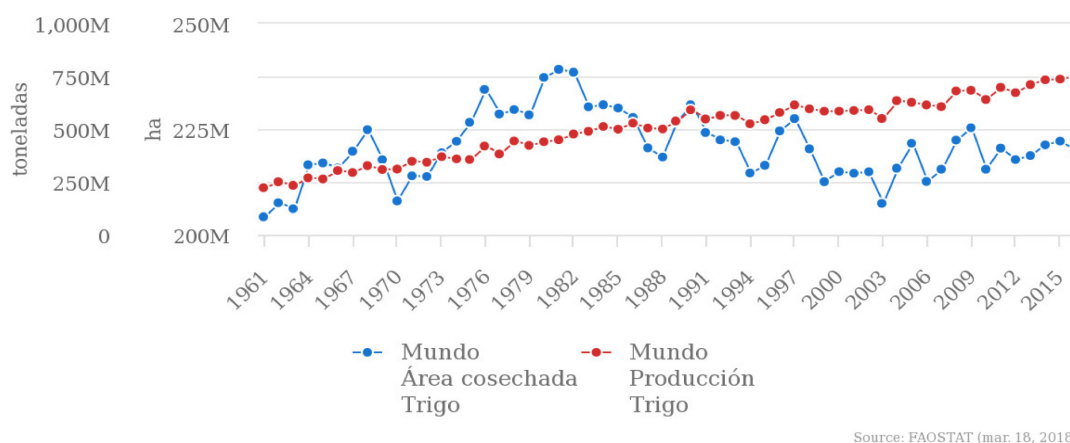
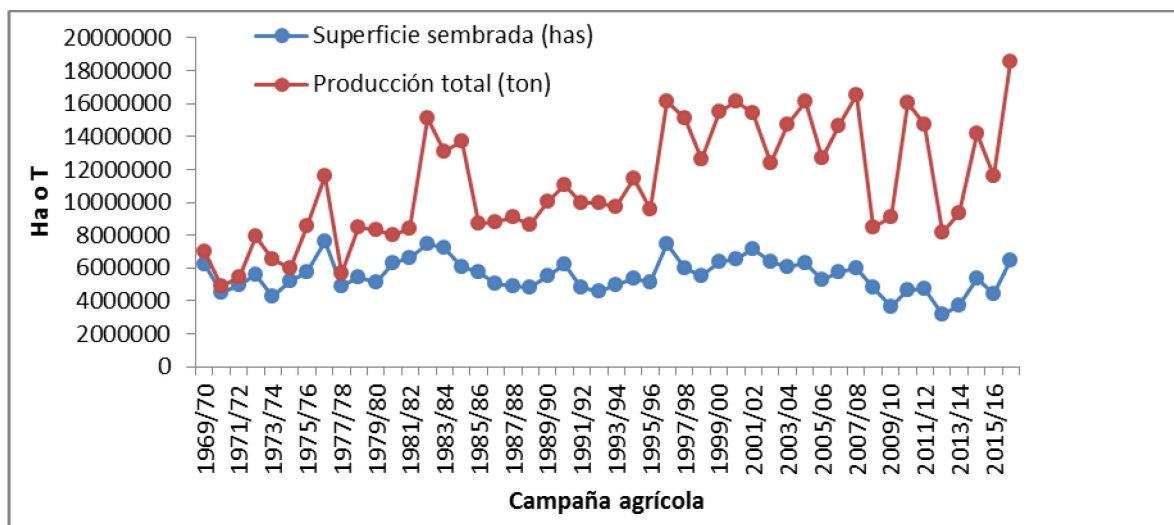


Figura 1. Superficie (ha) y producción (t) mundial de trigo para el periodo 1961-2015.
Fuente: FAO, 2018.

Asia y Europa son los continentes líderes en la producción del cereal, concentrando entre ambos el 74,4% de la misma a nivel mundial. En el mismo período analizado, América participó con el 19,4%. África y Oceanía sólo representaron el 6,1%. La República Argentina es productora de trigo desde los tiempos de la colonia. La primera siembra del cultivo se realizó en el fuerte *Sancti Spiritu*, al margen del río Carcarañá, en la provincia de Santa Fe (Miralles & González, 2009). No obstante, su importancia en la economía nacional es más reciente, y surge entre fines del siglo XIX y principios del siglo XX.

De manera análoga a lo que sucede a nivel mundial, la producción argentina de trigo se incrementa a expensas de mayores rendimientos y no de mayor superficie. El récord de superficie sembrada se alcanzó en 1928, con un total de 9.000.000 millones de ha y una producción de 9,5 millones de t. En la campaña 2016/2017 la superficie alcanzó las 6.428.553 ha y la producción fue de 18.557.532 t (Ministerio de Agroindustria de la Nación, 2018a). Es decir que la superficie se contrajo en un 28,57%, al tiempo que la



producción se incrementó un 95,34% (Figura 2).

Figura 2. Superficie (ha) y producción (t) de trigo en la Argentina para el periodo comprendido en las campañas 1969/1970 - 2016/2017. Fuente: Ministerio de Agroindustria de la Nación, 2018a.

El valor de la producción es superior a los 4.000 millones de dólares considerando el volumen producido en la campaña 2016/2017 y un precio FOB a marzo de 2018 (Free On Board) de U\$S 217/t (Ministerio de Agroindustria de la Nación, 2018b).

Enfermedades foliares en trigo

Las enfermedades constituyen los factores bióticos más importantes que afectan el cultivo de trigo en Argentina (Annone *et al.*, 1994), generando disminuciones tanto en el rendimiento como en la calidad (Castro *et al.*, 2015). Los principales procesos biológicos afectados por los patógenos son la fotosíntesis, respiración, translocación de agua y nutrientes, y reproducción (Carmona, 2004).

En la región pampeana argentina, las enfermedades foliares en trigo son causantes de mermas de rendimiento de gran magnitud. Las principales daños son causados por los siguientes patógenos: roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriks), mancha amarilla [*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler (anamorfo: *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem], y mancha de la hoja [*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvl. and Crous (*Mycosphaerella graminicola* (Fückel) J.Schröt, in Cohn)] (Carretero, 2010).

Mancha de la hoja: Sintomatología y epidemiología

Actualmente la mancha de la hoja es la enfermedad más importante de trigo en Europa y se encuentra entre las dos o tres enfermedades más dañinas desde el punto de vista económico de este cultivo en los Estados Unidos (Ponomarenko *et al.*, 2011). En la Argentina se encuentra también entre las enfermedades foliares de mayor importancia.

Las primeras lesiones aparecen en las hojas inferiores, como manchas pequeñas de color amarillo, que luego avanzan sobre las hojas superiores. Dichas manchas presentan una forma oval, coloración amarillo verdoso o gris verdoso, inicialmente se manifiestan lesiones acuosas, que luego confluyen irregularmente, necrosando el tejido afectado (SINAVIMO, 2018), tornándose con apariencia de “parches pajizos” de color pardo a castaño. Sobre las mismas aparecen “salpicados” numerosos puntos oscuros (Figura 3A), que corresponden a las estructuras fructíferas del hongo (picnidios). Puede provocar la muerte de las hojas (Carmona & Sautua, 2015). Las hojas secas permanecen rígidas y péndulas, con los bordes ondulados (SINAVIMO, 2018). Otros autores también señalan la aparición de picnidios en la espiga (Figura 3B) en casos de extrema humedad durante el período de llenado de granos (Madariaga, 1986).

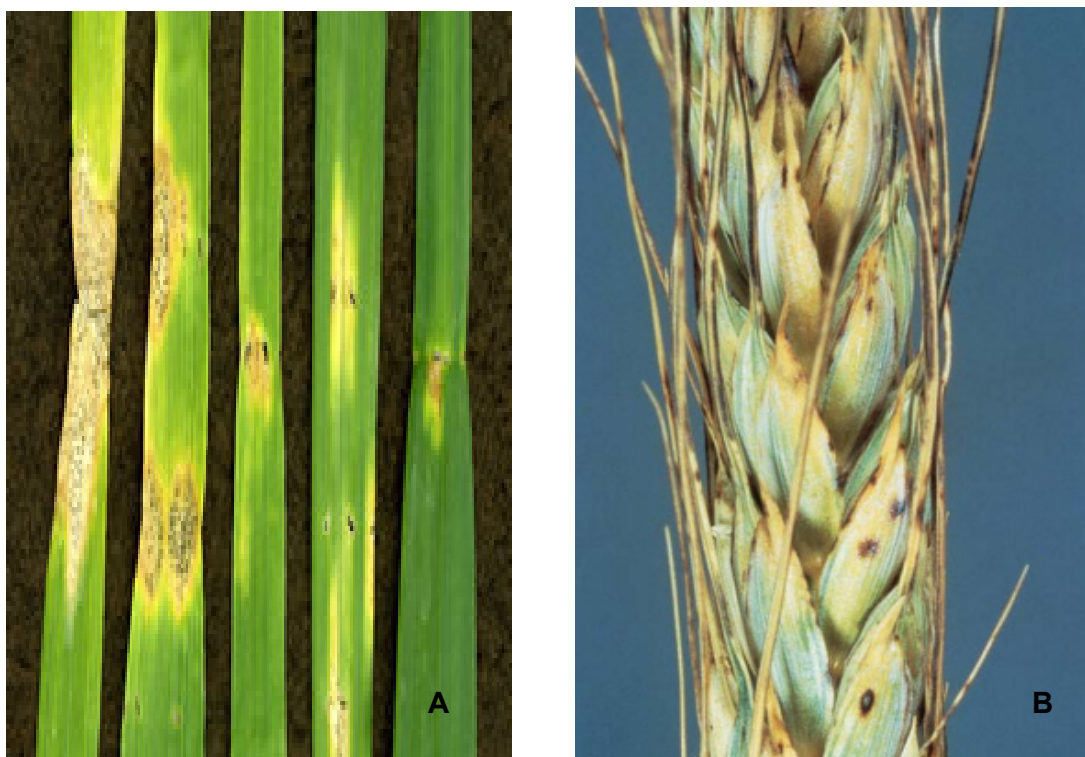
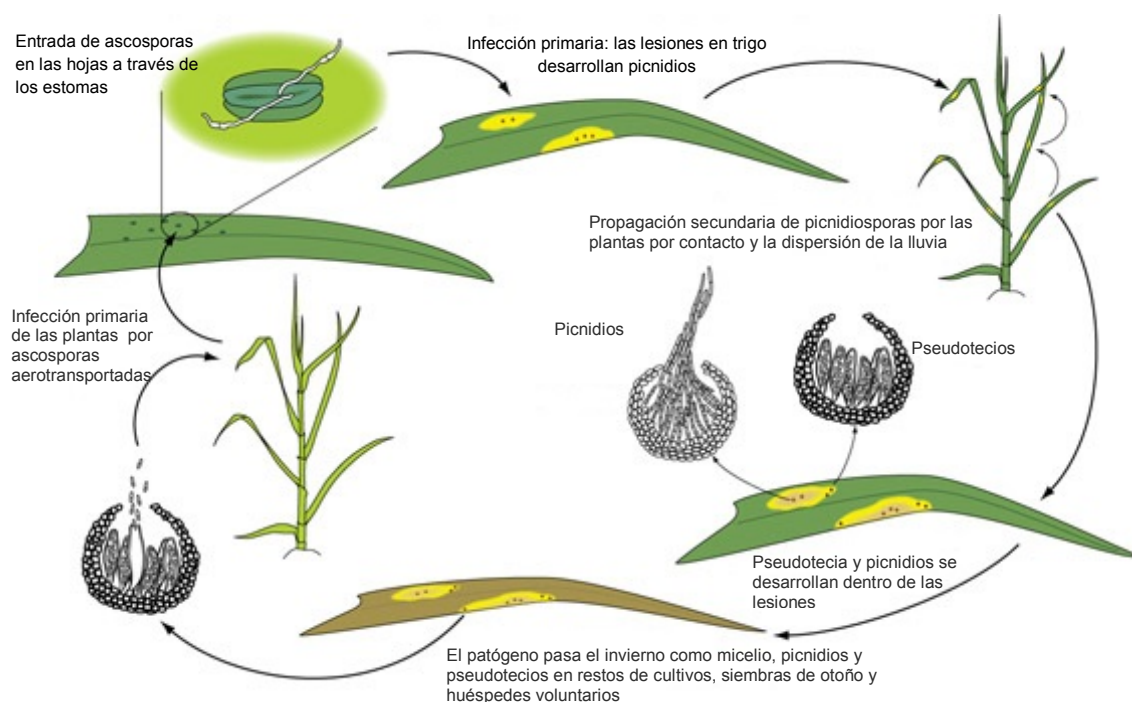


Figura 3. Síntomas de *Z. tritici* hojas (A) y sobre las glumas de la espiga de trigo (B).
Fuente: (A) Agrios, 2005; (B) Ponomarenko *et al.*, 2011.

La infección de *Z. tritici* se inicia con ascosporas que se transportan por el viento y los conidios lo hacen a través de las salpicaduras de agua desde el rastrojo del ciclo anterior. La infección primaria comienza desde la emergencia de plántulas en otoño o primavera.

Los estomas atraen a los tubos germinales de ascosporas, a través de los cuales entran en la cavidad subestomática directamente o después de la producción de una estructura similar a un apresorio (almohadilla de infección). Durante varios días las hifas crecen intercelularmente con poco aumento de la biomasa. Se trata de un patógeno hemibiotrófico, en que después del cambio de crecimiento biotrófico a necrotrófico, las células colapsan, se forman lesiones y se identifican inicialmente por pequeñas manchas amarillas. Las lesiones se expanden, principalmente en la dirección de las venas de las hojas para formar manchas largas, estrechas y necróticas. Los picnidios se desarrollan alrededor de los estomas dentro de las áreas necróticas de las lesiones y exudan conidios en cirros gelatinosos e higroscópicos. Estas esporas se diseminan por salpicaduras de lluvia a las hojas de la misma planta o de plantas cercanas. El patógeno sobrevive períodos libres de cultivos principalmente como pseudotecios pero también en picnidios en restos de cultivo. Los cultivos sembrados en otoño y las plantas voluntarias ayudan a



la supervivencia del patógeno durante el invierno (Ponomarenko *et al.*, 2011). El ciclo de la enfermedad se observa en la Figura 4.

Figura 4. Ciclo de *Z. tritici*. Modificado de Ponomarenko *et al.* (2011)

La principal fuente de inóculo es el rastrojo infestado. Los conidios son liberados desde los picnidios presentes en los restos culturales, cuando son mojados e hidratados, para lo cual requieren la presencia de agua libre. El transporte de las esporas es siempre por

salpicaduras de gotas de lluvia, las que son llevadas por el viento a corta distancia. La temperatura óptima para la infección es de 15-20 °C, en combinación con 72-96 horas de mojado continuo en los sitios de infección, por lo que campañas lluviosas son más predisponentes (Carmona & Sautua, 2015). Los picnidios con conidios se producen aproximadamente 14 a 40 días después de la infección, según el hospedante y las condiciones estacionales (Ponomarenko *et al.*, 2011).

El patrón de distribución en el lote depende de la estructura que haya dado origen a la dispersión. Los conidios dispersados por el salpicado de agua de lluvia, generan focos de infección y una apariencia desigual en el lote. En cambio cuando las responsables de la dispersión son las ascosporas transportadas por el aire la apariencia es más uniforme (Carmona & Sautua, 2015). Lo anterior puede relacionarse con las distancias alcanzadas por cada estructura, en función de su forma de transporte. Las ascosporas son aerotransportadas largas distancias por el viento, mientras que los conidios están restringidos a cortas distancias como hojas de la misma planta o plantas vecinas. Muchos ciclos de reproducción sexual y asexual durante la temporada de crecimiento permiten que las epidemias se desarrollen rápidamente (Ponomarenko *et al.*, 2011).

Existe amplia bibliografía sobre el porcentaje de pérdidas de rendimiento causado por *Z. tritici*. Las distintas fuentes mencionan caídas desde el 30% de la producción, hasta incluso valores de 50% o superiores (Castro *et al.*, 2015; Eyal *et al.*, 1987; Ponomarenko *et al.*, 2011).

Manejo de la enfermedad

El manejo de *Z. tritici* debe responder a un manejo integrado de enfermedades (MIE). En el mismo, además de aplicar todas las medidas disponibles, se toma en consideración la sustentabilidad ecológica, teniendo como principio a la racionalización del uso de agroquímicos (Carmona, 2004).

Las principales estrategias de control se basan en el uso de cultivares resistentes, semilla sana o tratada eficientemente, prácticas culturales y en la aplicación de fungicidas fundamentada en el umbral de daño económico (UDE) (Carmona, 2004). La información que existe acerca de las posibilidades de biocontrol de patógenos fúngicos de cereales es un campo que se continúa explorando aún en Argentina (Stocco, 2014).

Control químico

El control químico constituye una herramienta muy útil que debe formar parte de una estrategia definida de MIE. La aplicación eficiente de fungicidas ha demostrado en muchos cultivos aumentos significativos de los rendimientos y de la calidad de la producción. Desde el punto de vista epidemiológico, el uso de fungicidas puede reducir el inóculo inicial (ej. tratamiento de semillas) y/o disminuir la tasa de infección (aplicación foliar) (Carmona & Reis, 2001).

Las semillas infectadas por patógenos son una excelente vía para la introducción de enfermedades en países o campos donde antes no existían (Carmona, 2004). Existe poca información disponible sobre la semilla de trigo como fuente de inóculo primario de *Z. tritici* y son escasos los estudios conducidos para evaluar el efecto de curasemillas y su residualidad.

La aplicación de fungicidas en semilla es una de las pocas técnicas de manejo agronómico que ofrece la posibilidad de controlar en un cien por ciento a los patógenos presentes en la misma (Carmona & Sautua, 2015). Las moléculas más utilizadas para el control de enfermedades en trigo son triazoles, estrobilurinas, carboxamidas y distintas mezclas entre ellos.

Los triazoles son inhibidores de la biosíntesis del ergosterol, actúan en la formación y selectividad de la membrana plasmática, son agentes sistémicos y actúan como protectores, curativos y erradicantes (Carmona & Sautua, 2015) que penetran en los tejidos jóvenes y se mueven por xilema en forma acrópeta (Arregui & Puricelli, 2015). Sin embargo no son tan efectivos para inhibir la germinación de esporas ya que este proceso depende fundamentalmente de sustancias de reserva, para lo cual no es necesario la síntesis del lípido (Reis & Carmona, 2013).

Las estrobilurinas son derivados sintéticos de compuestos que se producen naturalmente (*Strobilurus tenacellus*) con una actividad antifúngica de amplio espectro (Fleitas,) inhiben la respiración mitocondrial por el bloqueo de la transferencia de electrones en el complejo citocromo-bc1 (complejo III) (Carmona & Sautua, 2015). Se las considera moléculas protectoras debido a que las esporas son más sensibles que el propio micelio. Además poseen la propiedad de inhibir la síntesis de etileno en la planta retrasando la senescencia e incrementando el rendimiento. El principio activo se mueve ampliamente por la hoja y dependiendo del tipo de estrobilurina puede llegar al mesófilo y envés de la hoja (Arregui & Puricelli, 2015).

Las carboxamidas, recientemente utilizadas en trigo, al igual que las estrobilurinas inhiben la respiración mitocondrial por el bloqueo de la transferencia de electrones en el complejo II, específicamente inhibiendo la succinato deshidrogenasa (Carmona & Sautua, 2015). Las mismas son protectoras, y su persistencia se debe a su interacción con diferentes componentes foliares de la planta.

Los fenilpirroles como el Fluodioxonil son fungicidas que actúan por contacto y penetración parcial, perturbando los intercambios a nivel de las membranas entre las células del hongo y bloqueando así su crecimiento. También inhiben el desarrollo del micelio e induce una reducción instantánea de la absorción de los aminoácidos y azúcares.

Conocer la residualidad de los curasemillas es de fundamental importancia, ya que su duración minimiza la aplicación de fungicidas foliares durante el ciclo del cultivo. Al respecto se dispone de escasa información, Gerard *et al.* (2015) evaluaron la eficacia de control y residualidad de curasemillas sobre distintas enfermedades de trigo. Todos los

tratamientos de curasemillas utilizados demostraron tener efectos de control sobre mancha amarilla, roya de la hoja y mancha de la hoja en el cultivo de trigo. La eficacia inicial de control del promedio de los fungicidas fue mayor en mancha de la hoja que en las otras enfermedades evaluadas, aunque nuevas investigaciones y ajuste de dosis son necesarios, en especial en las condiciones de Argentina.

En este trabajo se compararon algunos fungicidas comerciales aportados por la empresa BASF SA y otros experimentales y sus mezclas en la eficiencia de control de la mancha de la hoja del trigo y su residualidad.

HIPÓTESIS

Considerando los antecedentes presentados, las hipótesis derivadas son: que el control químico en el tratamiento de semillas con fungicidas:

Permite reducir la severidad de la enfermedad y el ABCPE hasta etapas avanzadas del ciclo del cultivo.

Provoca menores reducciones de biomasa aérea y radical comparado con el testigo sin tratar, dependiendo del fungicida aplicado.

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

General

Evaluar el efecto del control de *Z. tritici* con fungicidas incorporados en el tratamiento de semillas.

Específicos

Evaluar la evolución de la severidad, ABCPE, eficacia de control, biomasa aérea y radical a lo largo del ciclo del cultivo en tratamientos con y sin curasemillas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del ensayo

Se realizó el ensayo en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales - Universidad Nacional de La Plata con un diseño en bloques al azar con seis tratamientos y tres repeticiones. El ensayo se sembró en macetas (Figura 5a), por cada tratamiento se sembraron 24 macetas, dado que se realizaron 8 evaluaciones destructivas con tres repeticiones y en cada una de ellas se colocaron 8 semillas, con el objetivo de dejar al menos 5 luego de emergidas. Se evaluaron seis tratamientos [Testigo (T); Tratamiento 1 (T1), Tratamiento 2 (T2), Tratamiento 3 (T3), Tratamiento 4 (T4), Tratamiento 5 (T5)], con 3 repeticiones para cada una de las 8 evaluaciones realizadas. Los tratamientos con

fungicidas fueron diferentes combinaciones de principios activos, y con distinta concentración (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos del ensayo y dosis de principio activo (cc cada 100 kg de semilla)

Tratamiento	BAS 700 05F	BAS 595 00 F	IMIDACLOPRID 60 CIGARAL	BAS 364 27S	BAS 937 19F (SX)	BAS 950 80F
T	Testigo sin tratar					
T1	75	25				
T2	75	25	100			
T3	75	25		100		
T4						250
T5					300	

El producto BAS 700 05F se corresponde con el producto comercial Sistiva® de la empresa BASF. Los principios activos son fluxapiroxad al 33% (carboxamida) y triticonazole al 10% (triazol), cuyos modos de acción fueron descritos previamente. En cambio BAS 595 00F es el correspondiente a Premis® de la misma empresa. El principio activo es triticonazole (triazol) al 10% de concentración.

El Imidacloprid 60 Cigaral es un insecticida sistémico que actúa por ingestión y contacto. El producto BAS 364 27S es un polímero experimental.

Los códigos BAS 937 19F (SX) hace referencia a la combinación de los siguientes principios activos: difeconazole (triazol), fludioxonil (fenilpirrol), y sedaxane (carboxamida). En cambio BAS 950 80F está compuesto por difeconazole, fludioxonil, tiametoxan (insecticida neonicotinoide) y sedaxane y corresponden a otras empresas.

Inoculaciones

Todos los tratamientos fueron inoculados cada 10 días en siete oportunidades con una suspensión de esporas de *Z. tritici* de concentración conocida (5×10^6 esporas/ml), acompañado de 0,5 ml/l de tensioactivo Tween 20. Esto se realiza para determinar hasta qué momento es efectivo el fungicida en el control de la germinación de esporas en el ciclo del cultivo. El protocolo de trabajo fue el siguiente:

Procedimiento para preparación de inóculo (Figura 5b)

1. Agregar agua destilada a cajas de Petri que contienen los conidios de *Z. tritici* en agar malta para su posterior raspado.
2. Raspar con cepillo las esporas contenidas en el medio de cultivo previamente preparados.
3. Filtrar los restos del medio de cultivo para evitar partículas gruesas.

Procedimiento para evaluar la concentración de esporas en cámara:

1. Tomar 1 ml de la suspensión, y diluir en 9 ml de agua destilada (Dilución 1:10).
2. Agitar enérgicamente y extraer una muestra para colocar en la cámara de Neubauer.
3. Contabilización del número de esporas bajo microscopio.

Una vez conocida la concentración de esporas, se agregó el tensioactivo en el pulverizador y se procedió a la aplicación (Figura 5c). La misma se realizó durante la tarde en cada oportunidad, evitando la deshidratación de las esporas por exposición a la radiación solar elevada del mediodía y para permitir una mayor permanencia del inóculo sobre la superficie de la hoja, lo que podría haber comprometido el éxito de la inoculación. Luego se cubrieron todos los ensayos para generar condiciones de humedad y temperatura que favorezcan la penetración del patógeno durante los dos días posteriores.

Observaciones a campo

La evaluación de severidad se realizó cada 10 días, estimando de manera visual el porcentaje de área foliar afectada para las últimas 4 hojas completamente desarrolladas. En total se realizaron 8 observaciones durante el ciclo del cultivo. Se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) de acuerdo a la fórmula de Shaner & Finney (1977)

Determinaciones en laboratorio

También se evaluó la biomasa aérea y radical seca. El procedimiento consistió en extraer las 5 plantas de cada maceta, se lavaron sus raíces con agua para retirar la tierra adherida. Se dividió la parte aérea y radical a través del corte con tijeras (Figura 5d), y se secaron en estufa a 60°C durante 48 horas. Luego se pesaron las muestras. Este procedimiento se desarrolló en 7 oportunidades, cada 10 días aproximadamente.

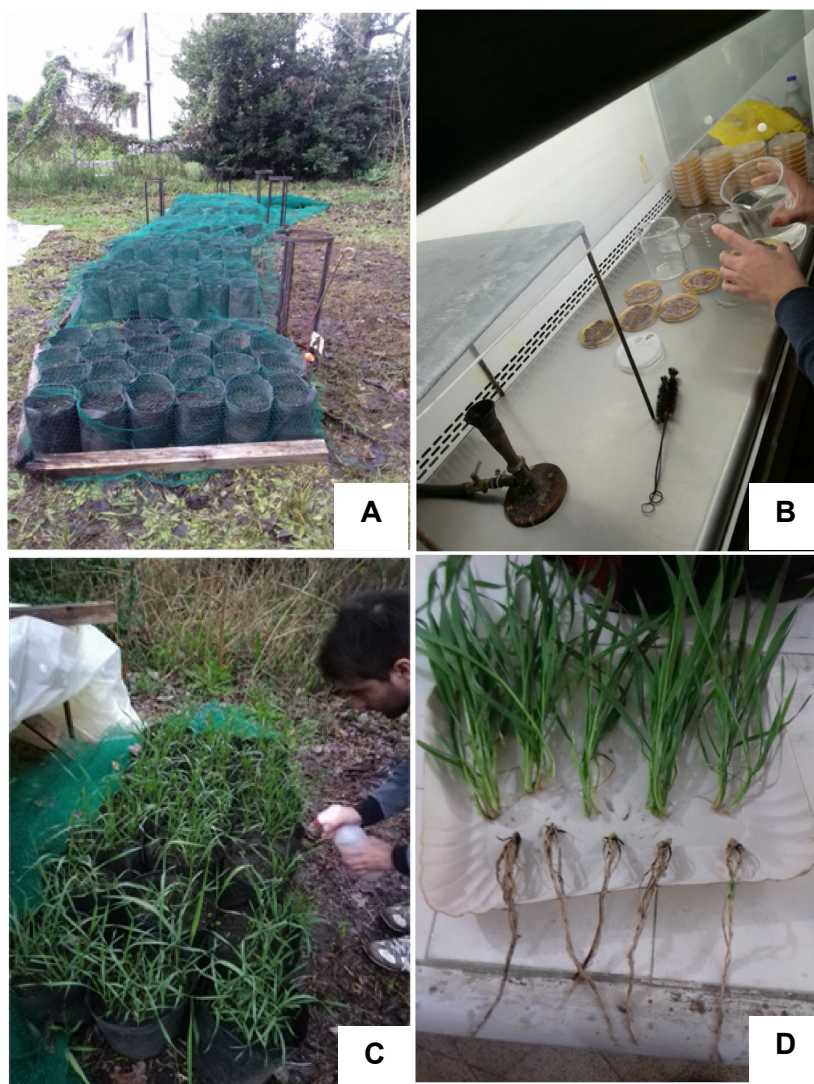


Figura 5. A. Ensayo sembrado y protegido contra pájaros. B. Preparación del inóculo de *Z. tritici*. C. Aplicación del inóculo sobre las plantas. D. Separación de biomasa aérea y radical.

Análisis estadístico

Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza (ANAVA) para parcelas sub-sub divididas mediante el programa GenStat 12th Edition (VSN, 2009). Las medias se compararon mediante el test LSD ($p=0,05$).

Para alcanzar la normalidad de los residuos del ANAVA de severidad, se realizó una transformación a través de la fórmula: $\arcsen \sqrt{\text{Severidad}}$.

RESULTADOS

Severidad

En la Tabla 2, se presentan los resultados del ANAVA para la variable severidad en las 7 determinaciones para las dos hojas superiores. Se observaron diferencias significativas entre tiempos de evaluación, entre tratamientos y en la interacción tratamientos \times tiempos.

En las primeras dos evaluaciones el tratamiento T acusó los mayores valores de severidad y el T2 los menores valores, que fueron 42,6% más bajos que T. Los tratamientos T1, T3, T4 y T5 si bien presentaron una tendencia a mayores valores, no mostraron diferencias significativas con T2 (Fig.6)

Tabla 2. ANAVA de la severidad causada por *Zymoseptoria tritici* en cinco tratamientos de fungicidas curasemillas y tratamiento testigo en trigo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	V.R	F pr.
Tratamientos	5	0.016	5.07	<.001
Tiempos	6	0.296	91.16	<.001
Tratamiento \times Tiempo	30	0.007	2.01	0.007
Residual	82	0.003		

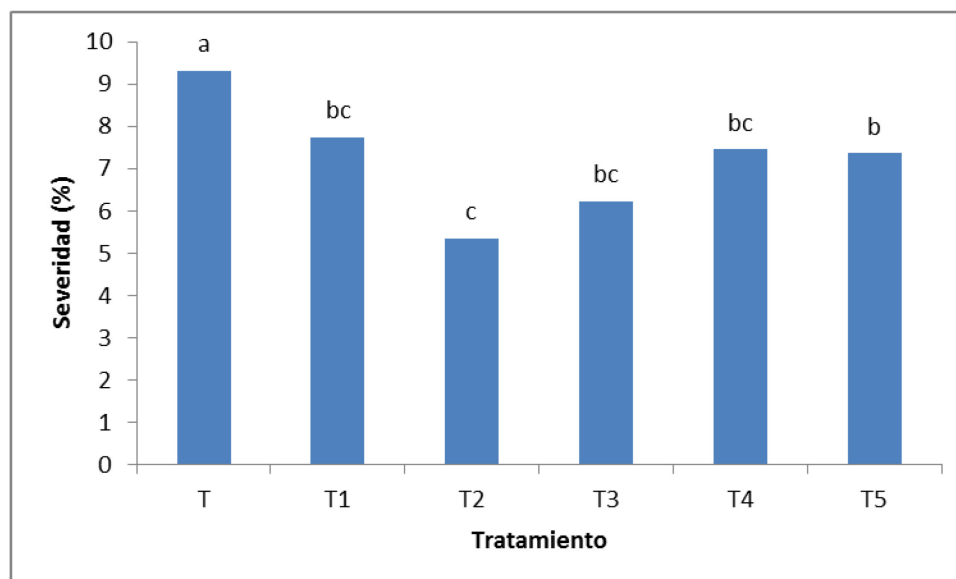


Figura 6. Medias de la severidad causada por *Zymoseptoria tritici* en tratamientos sin control (testigo) y con aplicación de fungicidas curasemillas en trigo. Medias seguidas por letras iguales en cada evaluación no difieren significativamente (LSD $p=0.05$).

Asimismo, se pueden observar tres etapas de progreso de la enfermedad: la primera está comprendida entre la primera y segunda evaluación, con valores superiores para el testigo y en las que todos los tratamientos causaron reducciones en la severidad. Desde la tercera hasta la sexta evaluación, se observa un incremento de la severidad y escasas diferencias entre tratamientos. La última etapa abarca la séptima evaluación, donde se observó una mayor severidad al compararse con la etapa anterior, y mayores diferencias entre tratamientos. El T2 arrojó los valores más bajos, sin diferenciarse del T5, que a su vez no se diferenció de T3 (Fig. 7)

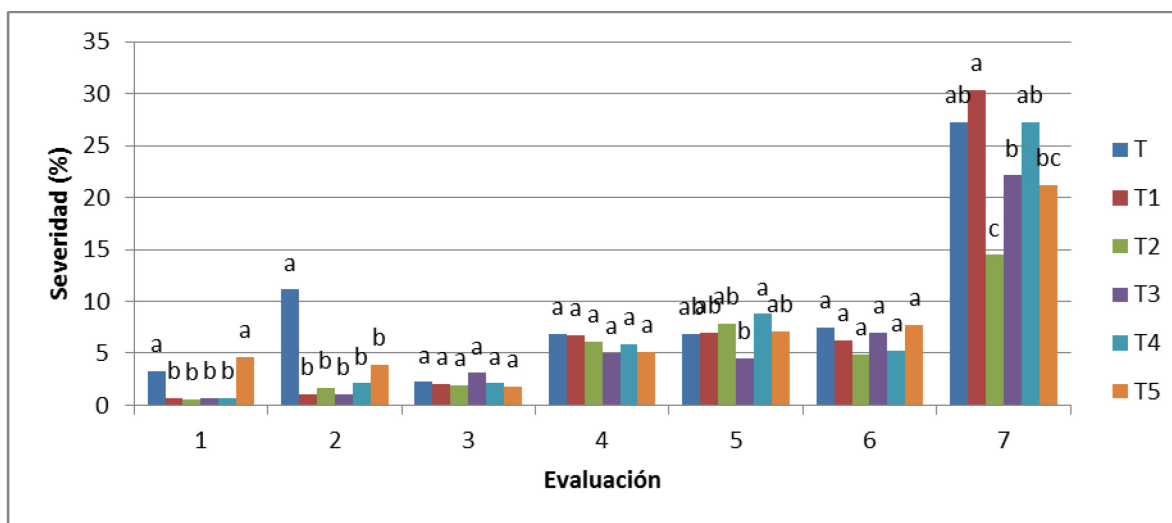


Figura 7. Porcentaje de severidad causada por *Zymoseptoria tritici* en cinco tratamientos de fungicidas y testigo, en siete tiempos de evaluación en trigo. Medias seguidas por letras iguales en cada evaluación no difieren significativamente (LSD $p=0.05$).

Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad

Se calculó el ABCPE en cada evaluación, que se considera más precisa para evaluar los efectos de los diferentes tratamientos, ya que la evaluación puntual de la severidad en cada estadio resulta más afectada por el hecho de que las evaluaciones se realizaron sobre diferentes hojas que fueron emergiendo. Hubo diferencias significativas entre los tratamientos y entre los tiempos de evaluación, pero no para la interacción tratamientos \times tiempos.

El ABCPE mostró variaciones significativas entre tratamientos y tiempos en el ANAVA (Tabla 3). Asimismo y como era esperable, el ABCPE se incrementó con el tiempo. Todos los tratamientos con fungicidas redujeron el ABCPE con respecto al testigo, siendo el T3 y el T2 los que presentaron menores valores, con una reducción de 52,84 y 45,82% respectivamente (Fig. 8).

Tabla 3. ANAVA del ABCPE en un ensayo inoculado con *Zymoseptoria tritici* con cinco tratamientos de fungicidas curasemillas y tratamiento testigo en trigo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	V.R	F pr.
Tratamientos	5	48063	5,44	<0,001
Tiempos	6	407592	45,15	<0,001
Tratamientos × tiempos	30	2847	0,32	1
Residual	82	8833		

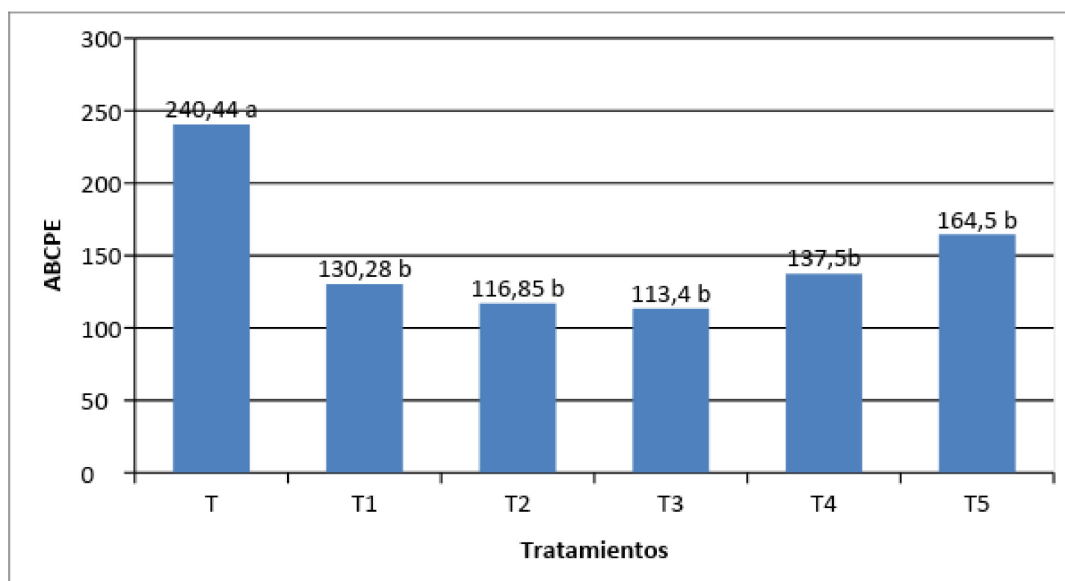


Figura 8. Área bajo la curva causada por *Zymoseptoria tritici* para cinco tratamientos de fungicidas curasemillas y tratamiento testigo en trigo. Medias seguidas por letras iguales en cada evaluación no difieren significativamente (LSD $p=0.05$).

Biomasa seca aérea

La biomasa seca aérea tuvo variaciones significativas entre las evaluaciones (tiempo), y entre los tratamientos, no habiendo significancia en la interacción tratamientos × tiempos (Tabla 4). El T3 registró una biomasa aérea seca un 19,92% superior al tratamiento testigo (T). De manera similar se comportaron T2 y T4, con un incremento del 19,29 y 16,73% comparados con T. El T1 no tuvo variaciones significativas comparado con los otros tratamientos (Fig. 9). La biomasa seca aérea aumentó hasta la séptima evaluación y luego declinó.

Tabla 4. ANAVA de la biomasa seca aérea de un ensayo inoculado con *Zymmoseptoria tritici* con cinco tratamientos de fungicidas curasemillas y tratamiento testigo en trigo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Media de cuadrados	V.R	F pr.
Tratamiento	5	37.42	3.29	0.009
Tiempo	7	2501.05	219.1	<0.001
Tratamiento x tiempo	35	13.04	1.15	0.298
Residual	94	11.39		

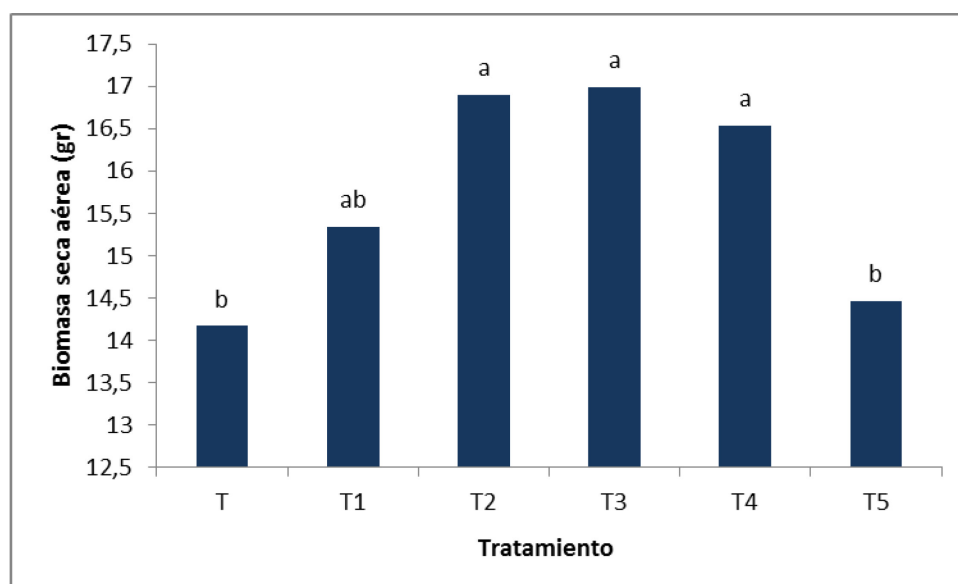


Figura 9. Biomasa seca aérea de un ensayo inoculado con *Zymmoseptoria tritici* con cinco tratamientos de fungicidas curasemillas y tratamiento testigo en trigo. Medias seguidas por letras iguales no difieren significativamente (LSD $p=0.05$).

La severidad (Fig. 10A) y el ABCPE (Fig. 10B) explican el 66,4 y 69,0% respectivamente de la variación de la biomasa aérea seca.

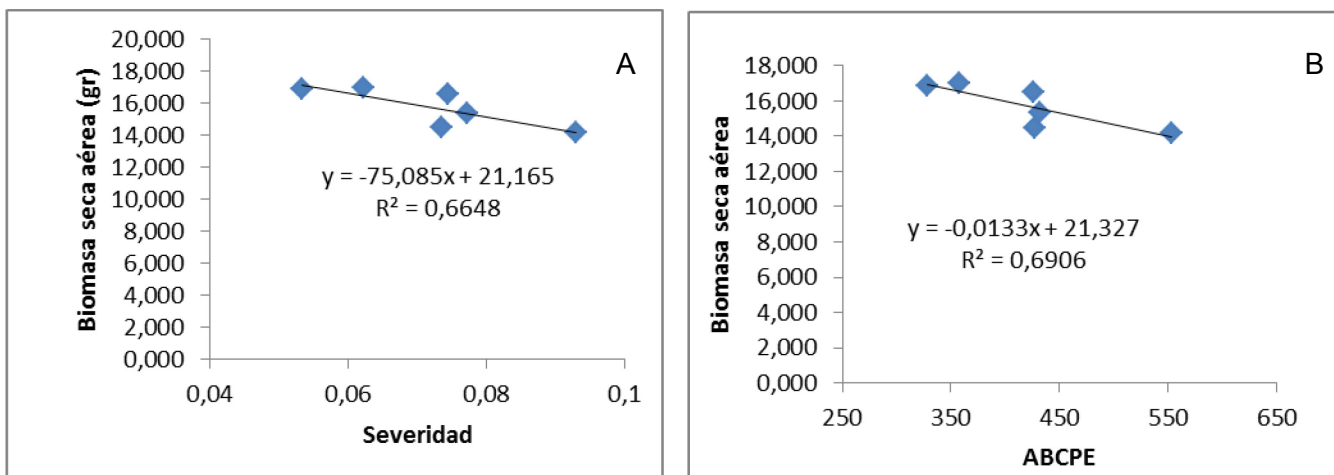


Figura 10. Regresiones entre A: la severidad y la biomasa seca área; B: entre el ABCPE y la biomasa seca área en un ensayo inoculado con *Zymoseptoria tritici* con cinco tratamientos de fungicidas curasemilla y tratamiento testigo en trigo

Biomasa radical seca

El ANAVA de la biomasa radical presentó variaciones significativas tanto entre tratamientos como entre tiempos de evaluación y para la interacción tratamientos \times tiempos (Tabla 5). En las primeras tres evaluaciones no hubo diferencias entre tratamientos. A partir de la cuarta evaluación varios tratamientos superaron al testigo (T1, T2, T3 o T4) según de que evaluación se trate. En la última evaluación se evidencian las mayores diferencias, siendo T2 y T3 los que obtuvieron valores un 62,5 y 70,2% mayores respectivamente (Fig.11).

Tabla 5. ANAVA de la biomasa seca radical de un ensayo inoculado con *Zymoseptoria tritici* con cinco tratamientos de fungicidas curasemillas y tratamiento testigo en trigo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	V.R	F pr.
Tratamiento	5	4.74	8.7	<0.01
Tiempo	6	80.50	147.75	<0.01
Tratamiento \times tiempo	30	2.27	4.17	<0.01
Residual	82	0.54		

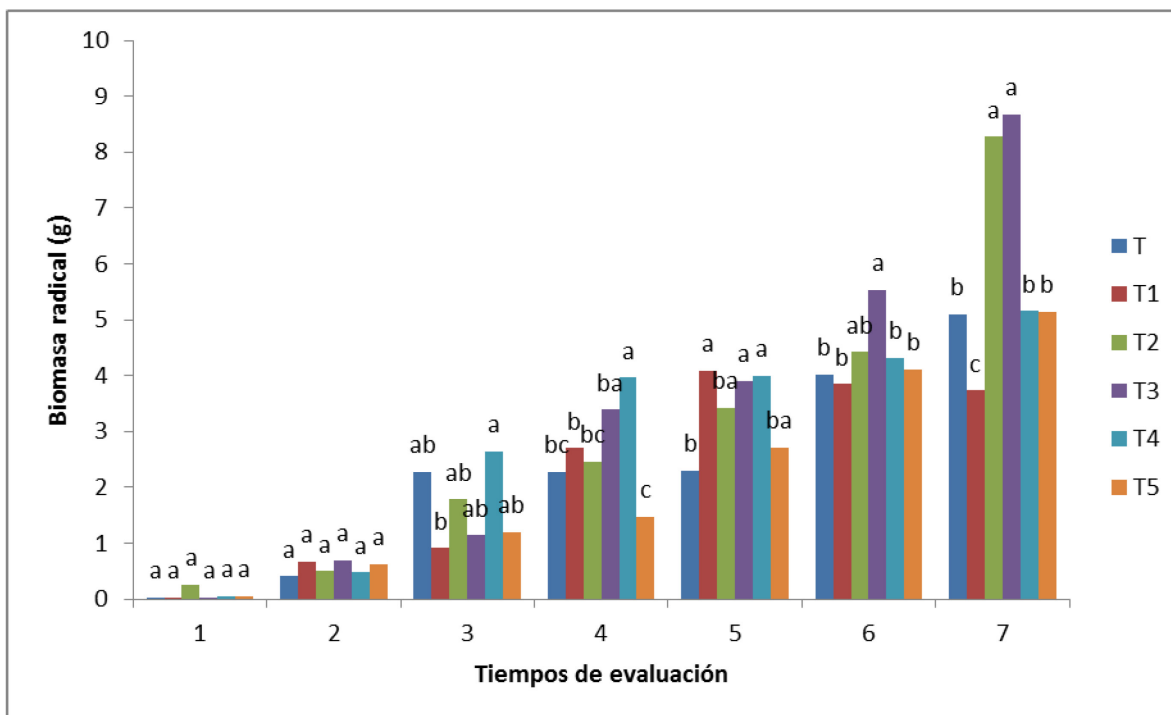


Figura 11. Biomasa radical seca siete evaluaciones de un ensayo inoculado con *Zymoseptoria tritici* con cinco tratamientos de fungicidas curasemillas y tratamiento testigo en trigo. Medias seguidas por letras iguales en cada evaluación no difieren significativamente (LSD $p=0.05$).

La regresión entre biomasa radical seca y biomasa seca aérea fue positiva y significativa (Fig. 12).

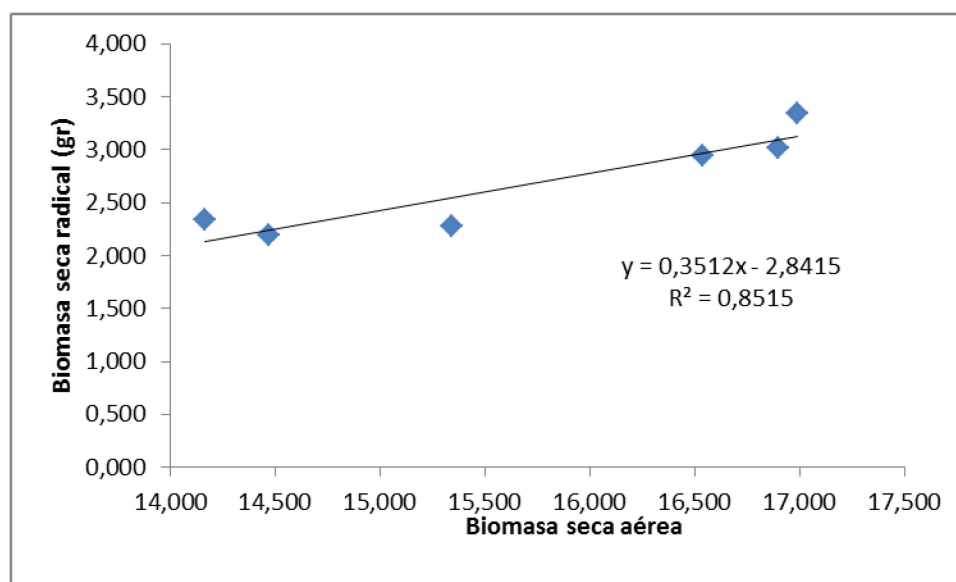


Figura 12. Relación entre la biomasa seca radical y la biomasa seca aérea en un ensayo inoculado con *Zymoseptoria tritici* con cinco tratamientos de fungicidas curasemillas y tratamiento testigo en trigo.

La severidad y el ABCPE representaron el 46,8 y 54,6% de la variación de la biomasa radical seca, respectivamente (Fig. 13).

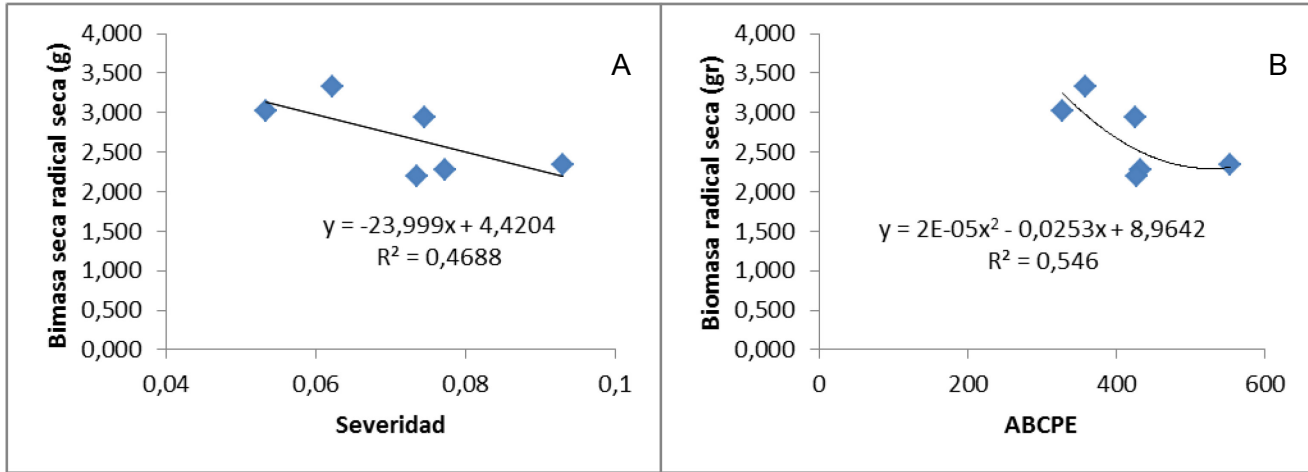


Figura 13. Regresión entre A. la severidad y la biomasa radical; B el área bajo la curva y la biomasa radical en un ensayo inoculado con *Zymoseptoria tritici* con cinco tratamientos de fungicidas curasemillas y tratamiento testigo en trigo.

DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en el ensayo se observó que los distintos tratamientos con fungicidas tuvieron efecto en la disminución de la severidad, aunque de manera diferencial entre ellos. Los tratamientos T2 y T3 presentaron los valores más bajos de ABCPE, aunque no significativamente diferentes del resto de los tratamientos con fungicidas. El tratamiento T2 tiene en la formulación del fungicida la presencia de una carboxamida y un triazol, más el insecticida neonicotinoide Imadacloprid, lo que puede explicar un mayor control de la enfermedad a lo largo del ciclo del cultivo debido a la combinación de los mecanismos de acción diferentes de las moléculas fungicidas y la complementación de las funciones protectoras y curativas y posibles efectos de sinergismo con el insecticida. Asimismo el T3 tiene similar formulación, sin el insecticida pero con el agregado de otro fungicida experimental.

También se identificaron tres etapas dentro de las cuales no existieron importantes variaciones de la severidad. La etapa inicial, con bajos valores de severidad, se corresponde con los estadios iniciales del cultivo y con escaso desarrollo de la enfermedad. La segunda etapa muestra un incremento debido al progreso propio de la enfermedad y las inoculaciones periódicas. La generación de nuevas hojas y el hecho de

que se evalúen hojas más nuevas causa estas diferencias. En la primera evaluación las plantas se encontraban en macollaje, en la segunda y tercera en encañazón y a partir de la cuarta comenzó a desplegarse la hoja bandera, que fue aumentando su severidad junto con la hoja bandera-1. A partir de la cuarta evaluación, se evaluaron las mismas hojas, ya que la hoja bandera ya había emergido, y la enfermedad comienza a progresar. Los valores en la última etapa, con mayor variación entre tratamientos, y en la que se evidencia una significativa diferencia de los tratamientos T2 y T3 puede estar influenciada por un mayor progreso de la enfermedad y por la posible senescencia, propio del estadio fisiológico del cultivo.

La eficacia de control disminuyó significativamente a partir de la quinta evaluación (70 días) y el tratamiento T3 fue el que mantuvo más su residualidad, aunque sin diferencias significativas, indicando una buena duración en el tiempo de los fungicidas aplicados, ya que fueron efectivos hasta la última evaluación con el cultivo en estado de grano pastoso, próximo a la madurez fisiológica del grano.

La evaluación de la biomasa aérea seca mostró que los tratamientos T2, T3 y T4 fueron superiores con referencia al testigo en más de un 16%. Como se señaló, en los tres tratamientos se observó una menor ABCPE con respecto al testigo. Los hongos necrotróficos o hemibiotróficos, como *Z. tritici*, se caracterizan por una importante reducción en el aparato fotosintético de la planta. Esto favorece la senescencia de las hojas y/o muerte acelerada de macollos, con reducción de la cobertura verde, debido a la necrosis foliar. Así mismo, produce una menor intercepción de la radiación por área foliar enferma (y/o senescente) que provoca una menor producción de fotoasimilados que podrán ser utilizados para la síntesis de materia seca (Gooding *et al.*, 2000; Schierenbeck *et al.*, 2014).

Al no existir diferencias significativas entre los tres tratamientos para la variable biomasa aérea seca, puede descartarse que la presencia de Imidacloprid en la semilla tenga un efecto directo sobre la biomasa aérea. La CropLife America señala un mayor vigor de las plantas tratadas con este insecticida, con respecto a las sin tratar. Sin embargo, en todos los casos, los tratamientos contemplan la inoculación de insectos perjudiciales para el cultivo o vectores de virus, lo que distorsiona el análisis presentado.

En las primeras tres evaluaciones no hubo diferencias entre los tratamientos con respecto a la variable biomasa seca radical debido a que es coincidente con la primera etapa de crecimiento del cultivo y un bajo progreso de la enfermedad durante ese periodo. A partir de la cuarta evaluación comienzan a destacarse algunos tratamientos, excepto el T5, que fueron diferentes según evaluación. El T4 superó al testigo en todas las observaciones a partir de la quinta evaluación y ya en la última se destacan T2 y T3. Estos incrementos pueden asociarse con la menor ABCPE que presentan y con la mayor biomasa área, ya que el patrón de crecimiento y desarrollo de las raíces está fuertemente unido al del tallo (Golik, 2009), lo que explica la relación positiva entre el crecimiento de las raíces y la parte aérea encontrado en este trabajo.

Se concluye que los tratamientos T2 y T3 sobresalen por el control en el ABCPE de la enfermedad, como así también por el incremento de la biomasa aérea y radical. En tanto que el T3 tuvo además una residualidad ligeramente superior.

CONCLUSIONES

La utilización de tratamientos curasemillas en el control de *Zymoseptoria tritici* en trigo :

- Permite reducir la severidad de la enfermedad y el ABCPE hasta etapas avanzadas del ciclo del cultivo
- Provoca menores reducciones de biomasa aérea y radical comparado con el testigo sin tratar
- La combinación de triazoles, carboxamidas y el polímero experimental BAS 364 27S aumenta la residualidad del tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Annone, J.G, Botta, G. y Ivancovich, A. 1994. Ocurrencia de la mancha bronceada del trigo en el área norte de la provincia de Buenos Aires. Actas del II Congreso Nacional de Trigo y primer simposio Nacional de Cereales de Invierno. pp. 205-208

Arregui, M.C., Puricelli, E. 2013 Mecanismos de acción de plaguicidas Ed Universidad Nacional de Rosario. 265 p

Baloch, U.K. 1999. Wheat: Post-harvest Operations. INPhO - Post.harvest Compendium. FAO. 22 pp.

Carmona, M.A., 2004. Manejo integrado de las enfermedades del trigo. Nuestra oportunidad para asegurar la sustentabilidad del cultivo. Actas de Congreso a Todo Trigo 13 y 14 de Mayo Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina, pp. 33-42

Carmona, M. & Reis, E. M., 2001. Sistema de puntuación para la evaluación del potencial de producción del cultivo de trigo. Su utilidad para la aplicación racional y económica de fungicidas. Carmona, M. ed. Buenos Aires, Argentina, p. 24.

Carmona, M. & Sautua, F., 2015. Manual práctico para el diagnóstico de enfermedades foliares y su control con fungicidas en los cultivos de trigo y cebada. BASF y FAUBA ed. Buenos Aires, Argentina, 88 pp.

Carretero, R., 2010. Enfermedades foliares del trigo: Entender cómo funciona el sistema cultivo-enfermedad, puede ayudar a tomar mejores decisiones de control. Disponible en:
https://www.agroconsultasonline.com.ar//documento.html?op=v&documento_id=363
. Último acceso: Marzo, 2018.

- Castro, A.C., Golik, S. y Simón M.R.** 2015. Efecto de la mancha de la hoja sobre la duración del área foliar verde, dinámica del n, rendimiento y calidad de trigo. FAVE. Secc. Cienc. agrar. v.14 n. 2. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-77192015000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es Último acceso: Marzo, 2018
- De Wolf, B.** 2012. Kansas State Scientist on Wheat Rust Diseases: Correctly Identifying if Fungicides Needed -; or Not -; is Important. Kansas State University. Disponible en: HYPERLINK "http://www.ksre.ksu.edu/news/story/wheat_rust041912.aspx" http://www.ksre.ksu.edu/news/story/wheat_rust041912.aspx , Último acceso: Junio de 2015.
- Eyal, Z., Scharen, A. L., Prescott, M y Van Ginkel, M.** 1987. Enfermedades del trigo causadas por Septoria: Conceptos y métodos relacionados con el manejo de estas enfermedades. CIMMYT. México, D.F.. 52 pp
- FAO,** 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize> Último acceso: Marzo, 2018
- Gerard, G.S., Fleitas, M.C., Schierenbeck, M. y Simón, M.R.** 2015. Eficacia de control y residualidad de curasemillas sobre enfermedades foliares de trigo. FAVE. Secc. Cienc. agrar. v.14 n. 2. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-77192015000200008&lng=es&nrm=iso. Último acceso: Marzo, 2018.
- Golik, S.** 2009. Efecto de los sistemas de labranza, fertilización nitrogenada y genotipo sobre el sistema radical en etapas avanzadas del cultivo de trigo y su incidencia en el rendimiento, calidad y sanidad. Tesis para optar por el título de Doctor de Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata
- Gooding M.J., Dimmock J.P, France R.E., Jones J.** (2000). Green leaf area decline of wheat flag leaves: the influence of fungicides and relationships with mean grain weight and grain yield. *Annals of Applied Biology* 136, 77–84
- Madariaga, R.B.** 1986. El ciclo de vida del hongo causante de la Septoriosis de la hoja del trigo. Nombres nuevos para un problema antiguo. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR04699.pdf>. Último acceso: Marzo, 2018.
- Ministerio de Agroindustria de la Nación,** 2018 a. Datos agroindustriales. Disponible en: <https://www.agroindustria.gob.ar/datosagroindustriales/> Último acceso: Marzo, 2018
- Ministerio de Agroindustria de la Nación,** 2018 b. Subsecretaría de Mercados Agropecuarios. Disponible en:

https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/ Último acceso: Marzo, 2018.

Miralles, D. J. y González, F.G., 2009. El trigo en Argentina: Perspectivas ecofisiológicas del pasado, presente y futuro para aumentar el rendimiento. Actas de XVII Congreso de AAPRESID La era del ecoprogreso. Rosario, Santa Fe, Argentina. pp. 11

Paulsrud, B.E.; Montgomery, M.; Bretthauer, S. Y Montgomery, N. 2005. Characteristics of fungicides used in field crops. Report on Plant Disease. Department of Crop Sciences. Disponible en: [//ipm.illinois.edu/diseases/rpds/1002.pdf](http://ipm.illinois.edu/diseases/rpds/1002.pdf), Último acceso: Junio de 2015.

Ponomarenko, A., Goodwin, S.B. y Kerma, G.H. 2011. Septoria tritici blotch (STB) of wheat. The Plant Health Instructor. Disponible en: <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/Septoria.aspx>. Último acceso: Marzo, 2018.

Schierenbeck, M.; Fleitas, M.C.; Simón, M.R. 2014. Componentes ecofisiológicos involucrados en la generación de biomasa afectados por enfermedades foliares en trigo.. Revista Agronómica del Noroeste Argentino. 34. 247-250. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/279202291_Componentes_ecofisiologicos_involucrados_en_la_generacion_de_biomasa_afectados_por_enfermedades_foliar_es_en_trigo. Último acceso: Junio de 2018.

SINAVIMO, 2018. Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas. Mycosphaerella graminicola. Disponible en: <http://www.sinavimo.gov.ar/plaga/mycosphaerella-graminicola>. Último acceso: Marzo, 2018.

Stocco, M.C. 2014. Control biológico de *Mycosphaerella graminicola*, patógeno del trigo con cepas de *Trichoderma harzianum* caracterizadas por su morfología, fisiología, actividad enzimática y molecular. Tesis para optar por el título de Doctor en Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

Vroom, J. 2013. The Role of Seed Treatment in Modern U.S. The review of benefits. CropLife Foundation. Disponible en: http://www.minnesotafarmguide.com/news/crop/the-role-of-seed-treatment-in-modern-u-s-crop/pdf_85a4a3a6-5ebb-11e3-be43-001a4bcf887a.html}. Último acceso: Julio de 2015.